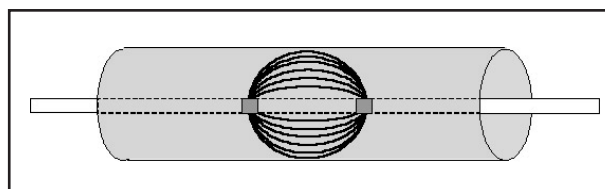


## Impedancia Intraluminal de canal múltiple: ¿Un estudio útil en pacientes con enfermedad esofágica?

Claudia P. Sanmiguel, Steven Shay

Las enfermedades funcionales del tracto gastrointestinal se han convertido en la causa más frecuente de consulta en los servicios de Gastroenterología, y en una de las más frecuentes en la consulta externa en general. Aunque muchos pacientes responden adecuadamente a tratamientos simples, nuestro entendimiento de la fisiopatología de estas enfermedades y en especial de los casos más complicados es aún incompleto. La búsqueda de nuevas armas que permitan aclarar las bases de estas enfermedades ha sido beneficiada por los grandes progresos en tecnología que han permitido utilizar nuevas y mejores formas de estudiar la función gastrointestinal. La impedancia intraluminal de canal múltiple (IIM) es una de estas nuevas armas. Hasta la fecha, IIM ha sido utilizada con éxito en la investigación de pacientes con enfermedad por reflujo gastroesofágico (RGE), y en el estudio de patrones de flujo (función motora) en diferentes segmentos del tracto gastrointestinal (GI).

El concepto de la IIM está basado en la medición simultánea de la resistencia al flujo de una corriente eléctrica en múltiples puntos del tracto gastrointestinal. Para lograr este objetivo se ha diseñado un catéter flexible que contiene varios pares de electrodos en miniatura localizados en su superficie. Una pequeña cantidad de corriente eléctrica es aplicada a uno de los electrodos y se registra la resistencia al flujo de dicha corriente entre el par de electrodos (Figura 1). Usualmente la distancia entre un par de electrodos es alrededor de 2 cm, y por tanto varios pares de electrodos pueden ser localizados a lo largo de un catéter. La resistencia al flujo de la corriente eléctrica o impedancia, medida por cada par de electrodos representa la resultante de la impedancia eléctrica de todo lo que



**Figura 1.** Representación de la medición de impedancia intraluminal. La gráfica representa el catéter localizado en el lumen esofágico. Se observa el par de electrodos localizados en la superficie del catéter y las líneas curvas concéntricas representan el flujo de la corriente eléctrica entre los dos electrodos. La resistencia ejercida por el tejido y el contenido luminal al paso de esa corriente es lo que conocemos como impedancia.

rodea a ese segmento de catéter en dicho momento (1-3). La impedancia es entonces afectada por las impedancias del tejido del órgano estudiado y de los fluidos y otros contenidos en la luz de este órgano. Por ejemplo, la impedancia final en un esófago vacío es la resultante de las impedancias de la mucosa y capa muscular esofágicas, el calibre (diámetro) del esófago y de cantidades mínimas de saliva que cubren la superficie esofágica.

Así mismo, la impedancia esofágica durante el paso de un bolo de comida dependerá de las propiedades eléctricas del bolo, su tamaño y del calibre del esófago durante su paso. Por ejemplo, la impedancia aumenta si las paredes del esófago se encuentran a corta distancia y disminuye si el esófago se distiende y las paredes se alejan. La impedancia es modificada también por la conductividad eléctrica propia del bolo; por ejemplo: el aire es un mal conductor de electricidad y por tanto su impedancia es muy alta (>7000 Ohms); los líquidos no iónicos tienen una impedancia más alta (<1500 Ohms) que la de los líquidos con alto contenido iónico como el jugo gástrico y duodenal (<200 Ohms). La impedancia de los diferentes tipos de mucosa varía también: la impedancia de la mucosa esofágica normal es mayor que la del epitelio de Barrett o la de la mucosa intestinal.

La IIM ha sido utilizada para examinar en el estudio de las enfermedades esofágicas en dos contextos principalmente: primero, en la determinación de las

Claudia P. Sanmiguel, Departamento de Gastroenterología, Cleveland Clinic Foundation. Steven Shay, Departamento de Gastroenterología, Cleveland Clinic Foundation.

Correspondencia: Claudia Sanmiguel, Department of Gastroenterology, Cleveland Clinic Foundation, A 30, 9500 Euclid Avenue, Cleveland, Ohio, 44195  
e-mail: sanmige@ccf.org

Rev Colomb Gastroenterol 2003;18:158-162.

características del flujo retrógrado de contenido gástrico durante el RGE y segundo, en estudios de la función motora del esófago examinando las características del transporte del bolo a lo largo de este órgano. La información aportada por la IIM es complementaria a la de otros procedimientos cuyos valores en el estudio de la función esofágica han sido ya bien establecidos. Por ejemplo, IIM complementa información dada por pHmetría y manometría esofágicas ya que puede determinar importantes características del flujo (dirección, distancia viajada, aclaramiento del bolo, etc) y de las propiedades físicas del contenido (gas o líquido o sólido).

### IIM en el estudio del RGE

IIM ha sido utilizada en el estudio del RGE midiendo simultáneamente el pH intraesofágico (Figura 2). Para esto se han utilizado dos métodos diferentes: uno es colocar dos catéteres simultáneamente en el esófago, uno para IIM y el otro para pH; el otro, es la utilización de un catéter especialmente diseñado que es capaz de medir IIM y pH. La información registrada en la mayoría de las publicaciones se ha obtenido estudiando al sujeto por un lapso limitado de tiempo en el laboratorio de motilidad gastrointestinal (estudio estacionario). Sin embargo, el

desarrollo de la nueva sonda que registra pH e IIM simultáneamente ha facilitado el estudio de sujetos en forma ambulatoria, durante 24 horas y por tanto ha abierto una ventana para mejorar el entendimiento de la enfermedad por RGE (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación entre medición de pH esofágico sola y combinada con IIM.

	pH	pH+IIM
<b>Reflujo Acido</b>	Si	Si
<b>Re-reflujo ácido</b>	No	No
<b>Reflujo no-ácido</b>	No	Si
<b>Reflujo de gas</b>	No	Si
<b>Composición</b>	Líquido	Liq, gas y mixto
<b>Distribución</b>	Limitada (sensor)	Limitada (más sensores)
<b>1 paso aclaramiento</b>	No	Si
<b>Tiempo de aclaram.</b>	Si	Si
<b>Volumen</b>	No	Cualitativo

Varios estudios han demostrado que IIM puede detectar y caracterizar adecuadamente episodios individuales de RGE (conocidos como REs). En nuestro laboratorio se realizó un estudio de validación utilizando el registro simultáneo de

manometría esofágica, pH esofágico e IIM, para determinar la exactitud con la cual la IIM detectaba episodios individuales de RGE identificados por pHmetría y manometría en 10 sujetos sanos y 10 pacientes con RGE severo (4). IIM fue capaz de identificar adecuadamente 95% de los REs, los cuales estuvieron presentes significativamente con mayor frecuencia en pacientes con RGE que en sujetos normales ( $41 \pm 11$  vs  $1,3 \pm 0,4$ ). IIM identificó 85% de los REs que contenían ácido y 99% REs no acidóticos. Adicionalmente, el registro simultáneo de pH, manometría e impedancia múltiple demostró tener varias ventajas a cada test practicado individualmente. Primero, IIM pudo reconocer fácilmente la composición del reflujo (gas o líquido) (4-7). Segundo, IIM fue capaz de detectar episodios de reflujo no-ácido que la pHmetría por sí sola no puede identificar (4,6,7). Este hallazgo tiene profundas implicaciones en el entendimiento de la fisiopatología de sín-

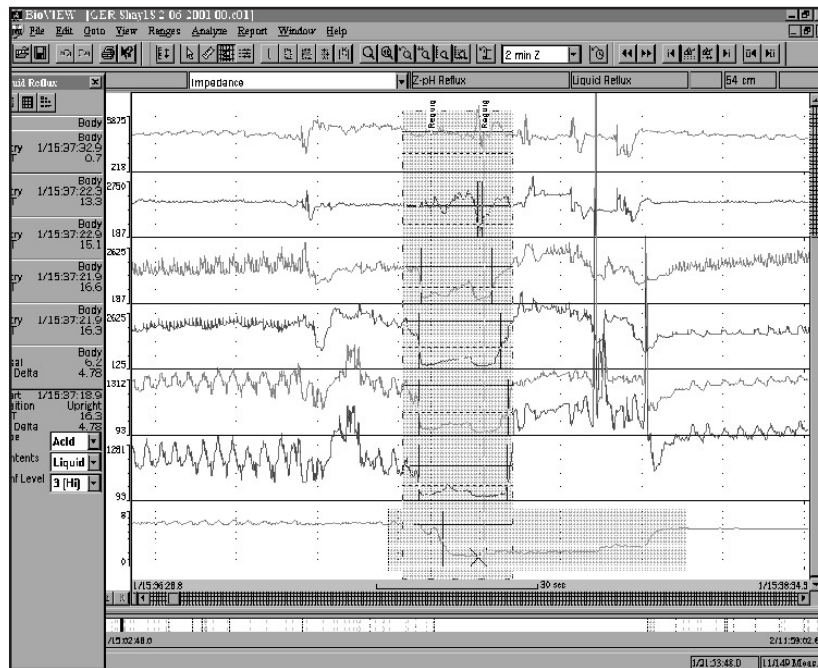


Figura 2. Medición simultánea de IIM y pH esofágicos. Los diferentes canales (1-6) representan la medición de impedancia a diferentes alturas del esófago. El canal inferior (pH) representa la medición instantánea de acidez en el esófago. En la sección resaltada con amarillo se observa una caída en la impedancia en todos los canales que empieza en los más distales y avanza rápidamente hacia los más proximales. Al mismo tiempo se observa una caída significativa en el pH intraluminal. Observe cómo, aunque el material refluído es evacuado del esófago (regreso de la impedancia a la línea de base), el pH continúa bajo durante un tiempo mayor hasta que ocurre la neutralización del mismo por los sistemas buffer.

tomas persistentes en pacientes con RGE y adecuado control del ácido con el uso de inhibidores de la bomba de protones (IBP) como fue demostrado por el estudio de Vela y cols. (8). Tercero, IIM también brindó información sobre el aclaramiento esofágico de ácido (4). El aclaramiento de los REs implica dos pasos: primero, la mayor parte del contenido refluido es desalojado del esófago por una contracción; posteriormente, la saliva se encarga de neutralizar el ácido remanente durante un período de varios segundos a minutos. En este estudio la IIM midió el tiempo del primer paso de aclaramiento (13 segundos) y la pHmetría midió el segundo paso, o neutralización del ácido por la saliva (47 segundos). Otra ventaja de la combinación de técnicas es la detección de episodios de re-reflujo ácido. El re-reflujo ácido es definido como la re-entrada de contenido gástrico refluido dentro del esófago mientras el pH todavía se encuentra por debajo de 4. Previamente se había demostrado que los episodios de re-reflujo ácido se presentaban más frecuentemente en pacientes con RGE severo y que implicaban una exposición más prolongada de la mucosa esofágica al ácido refluido (9). Los episodios de re-reflujo ácido son evidenciados como caídas prolongadas del pH durante los estudios de pHmetría. Sin embargo, la medición simultánea de IIM puede diferenciar entre exposiciones prolongadas del esófago a ácido por deficiencia en los mecanismos de aclaramiento y la exposición prolongada por varios episodios de re-reflujo uno tras el otro. Como es obvio, la fisiopatología es diferente para cada uno de estos mecanismos y probablemente sus implicaciones clínicas y en tratamiento también lo son. Finalmente, la IIM puede determinar el número de segmentos esofágicos envueltos durante los episodios de reflujo (distancia abarcada por el contenido refluido), lo cual tiene importancia en el estudio de algunas manifestaciones extra-digestivas del RGE (2,4,6). Todas las ventajas mencionadas anteriormente hacen del uso simultáneo de pHmetría, IIM y manometría esofágica un arma sumamente poderosa en el estudio y entendimiento de la fisiopatología e implicaciones clínicas del RGE.

### IIM como un test de la función motora esofágica

Otra de las ventajas de la IIM es la capacidad de estudiar el transporte del bolo a lo largo del esófago. Para lograr este fin la IIM ha sido utilizada por sí sola o en conjunto con el registro simultáneo de manometría esofágica (Figura 3). La IIM fue validada para el estudio de la función motora utilizando como patrón de oro la video-fluoroscopia con tragos de bario (10). Estos estudios ayudaron a determinar las diferentes fases del transporte del bolo usando la impedancia (Figura 4). La fase I es la impedancia de base en el

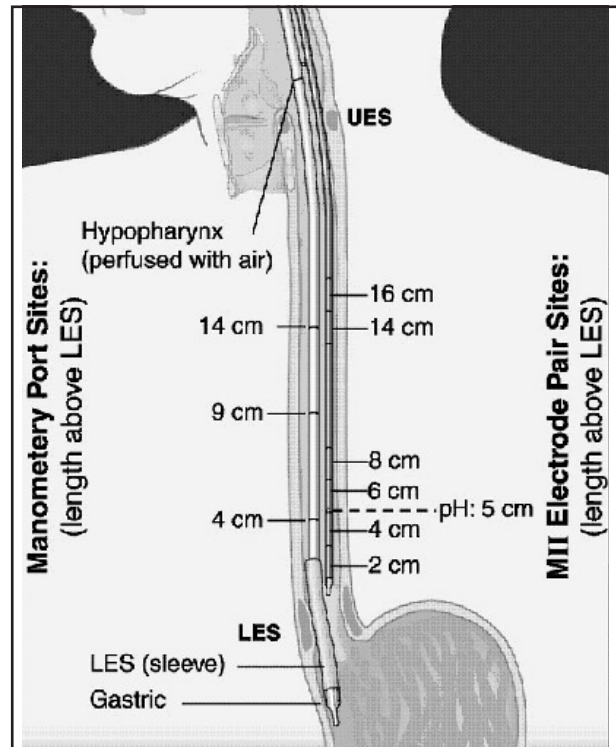


Figura 3. Representación de la colocación de catéteres de IIM y manometría simultáneamente.

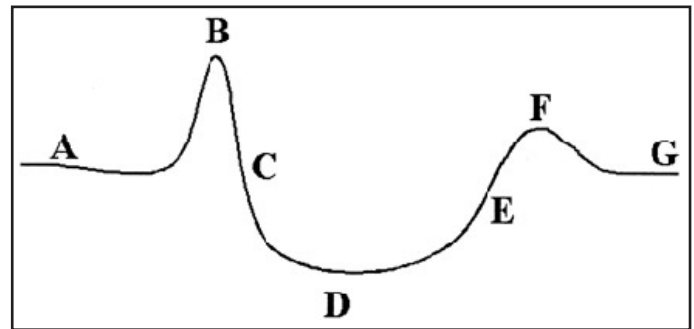
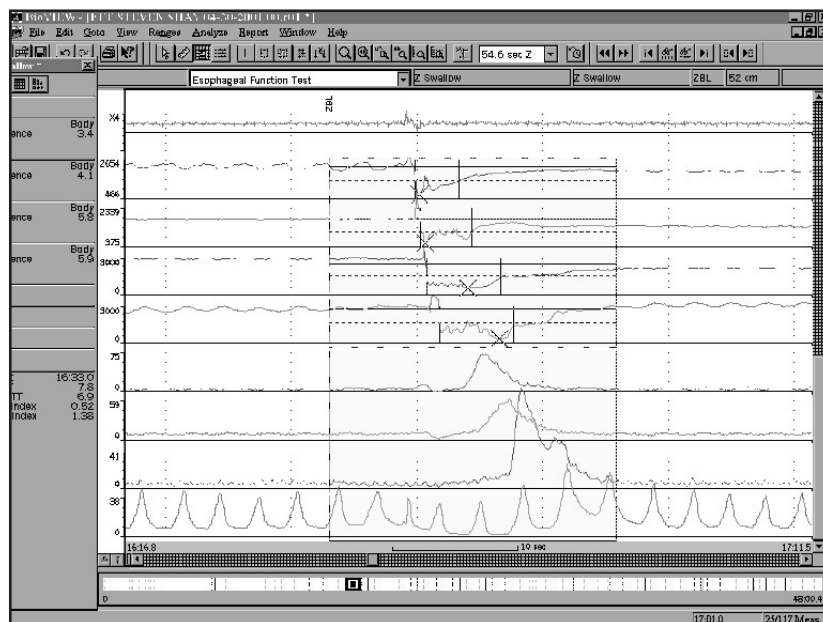


Figura 4. Representación de las diferentes fases de progresión del bolo en el esófago. La progresión del bolo es evidenciada por las diferentes fases. Fase 1: impedancia basal (a). Fase 2: entrada de aire al segmento (b). Fase 3: entrada del bolo al segmento (caída inicial de la impedancia, c) y paso de la mayor parte del mismo (d). Fase 4: salida del bolo del segmento (e) ocasionada por la contracción que viene empujándolo (f). Fase 5 o regreso de la impedancia al nivel de base una vez el bolo y la contracción han dejado el segmento.

esófago que refleja las impedancias de tejido y escaso fluido presente en la luz y que están en contacto cercano con el catéter. La fase II, que es un aumento temporal de la resistencia al inicio de la deglución y que representa la impedancia de la pequeña cantidad de aire que entra enfrente del bolo al segmento esofágico. La fase III sucede cuando el cuerpo del bolo entra en el segmento y causa una caída rápida en la impedancia debida a la conductividad eléctrica mayor del líquido deglutido y a la distensión y alejamiento de las paredes esofágicas. La fase IV es debida a la contracción esofágica que cierra la luz del mismo y hace



**Figura 5.** Medición simultánea de IIM y manometría esofágica. En la gráfica se observa el transporte del bolo después de una deglución y la progresión de la contracción generada por la deglución. El primer canal muestra la deglución. Los canales 1 a 4 muestran la impedancia a diferentes niveles del esófago y los canales 1m a 4m muestran la manometría registrada a los niveles correspondientes a los canales de impedancia. En la sección resaltada en amarillo se observa como el bolo es transportado desde los niveles más proximales hacia los distales (caída de impedancia) y como la impedancia regresa a los niveles basales una vez la contracción progresa fuera del segmento hacia niveles más inferiores.

que el bolo sea evacuado del segmento aumentando la impedancia. Generalmente se ve como un sobretiro de la impedancia de base. Y finalmente la fase V durante la cual la impedancia regresa a los niveles de base. Con los catéteres de IIM se pueden observar estos cambios en la impedancia a diferentes niveles lo cual permite estudiar la progresión del bolo dentro del esófago.

En la actualidad se cuenta con sondas capaces de registrar IIM y manometría al mismo tiempo. Usualmente tienen un manguito distal para medir la presión del Esfínter Esofágico Inferior (EEI) y transductores de presión localizados a 5, 10, 15 y 20 cm del extremo distal. Los transductores de presión están localizados entre un par de electrodos para medir impedancia. Esta configuración permite medir las contracciones y el flujo del bolo en un segmento y tiempo determinados (10-12). Estos estudios tienen ventajas obvias. Primero, permiten correlacionar la peristalsis medida por manometría con el transporte real del bolo a lo largo de los segmentos. Anteriormente, el transporte del bolo solo podía ser inferido por la combinación de ciertos hallazgos manométricos (propagación y amplitud de las contracciones), u otros estudios debían ser realizados simultáneamente (videofluoroscopia, gammagrafías, etc) con todas las desventajas conocidas. Esta habilidad de estudiar las contracciones esofágicas y el transporte

del bolo simultáneamente puede resultar de máxima importancia en el entendimiento de los pacientes con disfagia no-estructural y en el entendimiento de ciertos trastornos de la motilidad. Segundo, la IIM permite medir la función esofágica utilizando bolos de consistencias diferentes. La manometría estándar se hace con la deglución de tragos de agua a intervalos regulares. Sin embargo, la mayoría de los pacientes que se quejan de disfagia presentan este síntoma con alimentos sólidos y no con los líquidos. Recientemente, el transporte de bolos de diferente viscosidad (líquidos, semisólidos y sólidos) fue estudiado en 10 sujetos normales (13). Este estudio demostró que el tiempo de tránsito para bolos semisólidos y sólidos es diferente y mayor que para el transporte de líquidos, y además depende del volumen del bolo. Estudios usando IIM y bolos de diferente consistencia en pacientes con RGE, disfagia, peristalsis inefectiva y otros trastornos motores están en este momento en desarrollo en nuestro laboratorio.

## Conclusiones

La IIM representa un progreso en el entendimiento de la función del tracto gastrointestinal tanto en salud como en enfermedad. Con respecto al esófago existe evidencia suficiente de su importancia en el estudio de la fisiopatología del reflujo gastroesofágico y en especial, en ciertos pacientes de difícil diagnóstico y/o manejo. Su importancia en el entendimiento de la motilidad del esófago es evidente y estudios futuros determinaran el grado de relevancia clínica en pacientes con disfagia y en enfermedades que interfieren con el transporte del bolo como la escleroderma, la peristalsis inefectiva y el espasmo esofágico difuso entre otras.

## Referencias

1. Srinivasan R, Vela MF, Katz PO, Castell DO. Esophageal function testing using multichannel intraluminal impedance (IIM). *Am J Physiol* 2001; 280: G 457 - G 462.
2. Castell DO, Vela M. Combined multichannel intraluminal impedance and pH-metry: an evolving technique to measure type and proximal extent of gastroesophageal reflux. *Am J Med* 2001; 111 (suppl 8 A): 157S - 159S.
3. Vaezi MF, Shay SS. New techniques in measuring non-acidic esophageal reflux. *Sem Thor Cardio Surg* 2001; 13: 255 - 264.
4. Shay SS, Bomeli S, Richter J. Multichannel intraluminal impedance accurately detects fasting, recumbent reflux events and their clearing. *Am J Physiol* 2002; 283: G376 - G383.
5. Sifrin D, Silny J, Holloway RH, Janssens JJ. Patterns of gas and



- liquid reflux during transient lower esophageal sphincter relaxation: a study using intraluminal electrical impedance. *Gut* 1999; 44: 47 - 54.
6. **Sifrim D, Holloway R, Silny J, Xin Z, Tack J, Lerut A, Janssens J.** Acid, non-acid, and gas reflux in patients with gastroesophageal reflux disease during ambulatory 24-hour pH-impedance recordings. *Gastroenterology* 2001; 120: 1588 - 1598.
  7. **Sifrim D, Holloway R, Silny J, Tack J, Lerut A, Janssens J.** Composition of the postprandial refluxate in patients with gastroesophageal reflux disease. *Am J Gastroenterol* 2001; 96: 647 - 655.
  8. **Vela M, Camacho-Lobato L, Srinivasan R, Tutuian R, Katz PO, Castell DO.** Simultaneous intraesophageal impedance and pH measurement of acid and nonacid gastroesophageal reflux: effect of omeprazol. *Gastroenterology* 2001; 120: 1599 - 1606.
  9. **Shay SS, Richter JE.** Importance of additional reflux events during esophageal acid clearing. *Dig Dis Sci* 1998; 43: 95 - 102.
  10. **Silny J, Knigge KP, Fass J, Rau G, Matern S, Schumpelick V.** Verification of the intraluminal multiple electrical impedance measurement for the recording of gastrointestinal motility. *J Gastrointest Mot* 1993; 5: 107 - 122.
  11. **Fass J, Silny J, Braun J, Heindrichs U, Dreuw B, Schumpelick V, Rau G.** Measuring esophageal motility with a new intraluminal impedance device. First Clinical result in reflux patients. *Scan J Gastroenterol* 1994; 29: 693 - 702.
  12. **Nguyen HN, Silny J, Albers D, Roeb E, Gartung C, Rau G, Matern S.** Dynamics of esophageal bolus transport in healthy subjects studied using multiple intraluminal impedanceometry. *Am J Physiol* 1997; 273: G958 - G964.
  13. **Srinivasan R, Vela MF, Katz PO, Tutuian R, Castell JA, Castell DO.** Esophageal function testing using multichannel intraluminal impedance. *Am J Physiol* 2001; 280: G 457 - G462.